

HACIA UN ECOTURISMO SUSTENTABLE
PÁG. 8



HERRAMIENTAS MOLECULARES Y SUS APLICACIONES EN TAXONOMÍA: EJEMPLOS CON TORTUGAS MARINAS
PÁG. 12



AÑO 8 NÚM. 51 NOVIEMBRE DE 2003

Bio... RSITAS

B... COMIS... L CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

LAS ARDILLAS DE MÉXICO

LAS ARDILLAS son uno de los grupos de mamíferos silvestres más conocidos en las ciudades y sus alrededores; se les puede ver en los parques, en los jardines de muchas casas y algunas veces hasta se les mantiene como mascotas. Esta familiaridad con las ardillas se debe en gran parte a su actividad diurna y a sus hábitos gregarios. Hace no más de cuatro o cinco décadas, algunos de los biólogos pioneros de la mastozoología mexicana narraban sus experiencias sobre la presencia y la abundancia de ardillas: "En la tierra caliente del mismo estado [refiriéndose a Guerrero], los cuiniques (*Spermophilus adocetus*) eran de tal manera abundantes que al cruzar los caminos, los caballos y recuas de los arrieros los aplastaban con las patas" (Villa, 1986).

MANUEL VALDÉS ALARCÓN*

LAS ARDILLAS DE MÉXICO

A su vez, Álvarez del Toro escribía en 1977, sobre el género *Sciurus*: "Se oyó algo así como un fuerte aguacero que se aproximaba. Sin embargo el cielo estaba despejado; a los pocos momentos se escuchó un rumor difícil de identificar hasta que hicieron su aparición las primeras ardillas y se resolvió el origen del ruido, mas no así el motivo, porque eran tantos los individuos que avanzaban por los bejucos, ramas y suelo que fue muy difícil calcular el número".

A las ardillas e les puede encontrar desde en regiones templadas y tropicales hasta en zonas áridas o desiertos, por lo que el estudio de su historia natural ha tenido una profunda influencia en el desarrollo de las teorías ecológicas y pueden considerarse como indicadores de algunas asociaciones ecológicas particulares. La importancia de las ardillas justifica cualquier esfuerzo por difundir el conocimiento actualmente disponible acerca de ellas.

En el México antiguo, en general se conoció a las ardillas grandes como *techálotl* y a las pequeñas como *mototli*. El conocimiento indígena alcanzaba ciertos detalles más allá de este nivel y distinguía tipos de ardillas terrestres y arborícolas, y ocasionalmente ciertos morfotipos y colores. Así, llamaban *cuauhtechálotl* a las ardillas grandes de árbol y *cuauhtechalotlíltic* a las ardillas arborícolas diurnas de color negro. Por otra parte, a las ardillas "voladoras" o planeadoras (*Glaucomys volans*) se les daba el nombre de *quimichpatlan* o *quimichpatlani* (*quimichin* = ratones + *patlani* = que surcan el aire), lo que hacía referencia a la membrana que tienen entre sus extremidades y que les sirve para planear entre los árboles.

Igualmente, la partícula *tlal* (de *tlalli* = tierra) parece haberse aplicado a ardillas terrestres como en *tlaltechálotl* (ardilla terrestre grande), probablemente del género *Cynomys*, y *tlalmototli* (ardilla terrestre pequeña), probablemente a las especies menores del género *Spermophilus*, puesto que a las especies mayores de este género (como *Spermophilus variegatus*) simplemente se les denomina –aun hoy día– "techalotes".

Diversidad

Las ardillas son roedores pertenecientes a la familia Sciuridae, que se encuentra ampliamente distribuida por todo el mundo y sólo están ausentes en Australia, Madagascar, las regiones polares, el sur de Suramérica y algunas zonas áridas del viejo mundo.

En esta familia se reconocen actualmente 261 especies en el mundo, distribuidas en 51 géneros que incluyen las ardillas terrestres, marmotas y "perritos" de las praderas (*Spermophilus*, *Ammospermophilus*, *Marmota* y *Cynomys*), ardillas "voladoras" o planeadoras (*Glaucomys*), arborícolas (*Sciurus*) y las *Tamias*, que tienen sus madrigueras en la tierra o nidos en huecos de árboles. Todas son de actividad diurna, a excepción de las ardillas "voladoras", que son nocturnas.

Actualmente se reconocen 35 especies de ardillas en México, incluidas en 7 géneros, y 13 de ellas son endémicas (véase cuadro 1). Representan 41.2% de las 86 especies registradas para Norte y Centroamérica. La mayoría de las especies que se encuentran en México son de hábitos terrestres (21 especies) y 14 son arborícolas. Sin embargo, estos extremos no son estrictos; algunas especies construyen sus madrigueras en la tierra y pasan gran parte de su actividad diaria en los árboles, como los chimocos (*Tamias* sp.) y las ardillas de tierra tropicales (tezmos, *Spermophilus annulatus*).

Su distribución en México

Los esciúridos son un grupo de roedores de origen neártico; existen registros fósiles desde el Oligoceno medio en Norteamérica y el Pleistoceno en Suramérica; al parecer, las ardillas terrestres, arborícolas y planeadoras no aparecieron hasta el Mioceno.

La mayoría de las especies de ardillas tiene una distribución amplia,





Sciurus colliaei (arriba)
Sciurus niger (abajo)

lo que indica que pueden vivir en una gran variedad de ambientes. Sin embargo, varias de las especies endémicas tienen una distribución restringida y son el resultado de poblaciones relictuales que se separaron de las especies más cercanas por los cambios de vegetación ocurridos durante la última glaciación; tal es el caso de *Spermophilus perotensis*, *S. madrensis*, *Cynomys mexicanus* y *Tamiasciurus mearnsi*; algunas especies como *Cynomys ludovicianus* tienen una distribución restringida en nuestro país porque sólo un extremo de su distribución llega a México.

La mayor diversidad de especies en México se encuentra en la Sierra Madre Occidental, particularmente en la Sierra de Chihuahua-Durango y el Eje Neovolcánico. Estas áreas son de importancia por su alto grado de endemismo, ocasionado por la intrincada topografía y los tipos de vegetación que limitan la dispersión de muchos pequeños mamíferos.

Una de las áreas con mayor diversidad de esciúridos en el noroeste de México es el estado de Sonora (10 especies en 5 géneros), que presenta tres influencias faunísticas: especies de bosques templados de la Sierra Madre Occidental, especies desérticas con un amplio rango que se extiende hasta Arizona y especies de pastizales que se extienden hasta Nuevo México y Chihuahua.

Importancia ecológica

En algunas ocasiones son indicadores del estado de conservación del ecosistema por su estrecha relación con asociaciones vegetales particulares y son importantes dentro de las cadenas tróficas, ya que no sólo consumen una gran cantidad de semillas sino que pueden ser dispersores de éstas y por otra parte pueden consumir muchos insectos que podrían convertirse en plagas. Asimismo, las ardillas son una fuente de proteína para las aves de presa (halcones, águilas), así como para otros carnívoros menores (coyote, zorro, gato montés, tejón, comadreja) e incluso de algunos reptiles como serpientes de cascabel, por lo que representan un papel ecológico destacado en las comunidades naturales.

Alimentación y adaptaciones al medio

Las ardillas tienen una alimentación muy variada; las terrestres del género *Spermophilus* se alimentan de una gran cantidad de insectos y sus larvas, diversas plantas anuales y raíces. Las arborícolas consumen los brotes y cortezas de ramas en crecimiento, los conos de las coníferas, polen, frutos, semillas y hongos. En algunos casos pueden ser oportunistas y consumir los huevos o polluelos de algunas aves.

Estas especies tienen el hábito de almacenar semillas en los huecos de los árboles; en ocasiones las entierran y aunque siempre recuerdan dónde las han ocultado, algunas no son consumidas. Las semillas son transportadas por las ardillas en un par de abazones (bolsas en las meji-



Tamias merriami

llas de roedores) hasta donde las ocultan o almacenan, que no es necesariamente en su madriguera o nido y posteriormente las seleccionan y consumen.

A lo largo de su evolución las ardillas han mostrado una gran capacidad de adaptación a los cambios continuos del medio ambiente mediante mecanismos fisiológicos, morfológicos y conductuales, logrando sobrevivir en desiertos extremosos y en áreas donde se presentan bajas temperaturas y nieve durante gran parte del año. *Spermophilus* sp. hiberna durante 8 a 9 meses y reduce sus patrones de actividad a sólo cuatro meses. La ardilla de Mojave, *Spermophilus mohavensis*, y la ardilla antílope, *Ammospermophilus* spp., coexisten en la misma zona y han seguido estrategias diferentes para sobrevivir. La ardilla antílope presenta adaptaciones fisiológicas y conductuales para resistir temperaturas ambientales altas y se mantiene activa durante todo el año, en tanto que la ardilla de Mojave resuelve el problema mediante la estrategia de letargo de siete meses en el periodo más crítico, de agosto a febrero.

Las ardillas presentan comportamiento de hibernación o estivación. El comportamiento rítmico diario de muchas especies de ardillas está determinado por un "reloj biológico" endógeno, usualmente en combinación con factores físicos externos, como la variación diaria en la luz del día y la noche. Las estrategias de hibernación varían entre las especies dependiendo de lo riguroso de las condiciones climáticas, la disponibilidad de alimento y el tamaño corporal.

Algunas ardillas como las *Tamias* presentan periodos breves de letargo que se alternan con actividad y alimentación, mientras que algunas *Spermophilus* acumulan la suficiente cantidad de grasa para soportar periodos de 4 a 5 días continuos de letargo. El tamaño corporal y el costo energético de reducir y elevar la temperatura corporal de los límites de su temperatura basal es determinante para seguir una estrategia.

Estrategias de historia de vida

Las ardillas arborícolas generalmente son solitarias; sólo en la época de apareamiento llegan a formar grandes comunidades; las planeadoras suelen pasar el invierno en grupos como una estrategia de termorregulación y evitar la pérdida de calor durante esta época.

Las ardillas presentan una amplia gama de sistemas sociales, desde especies solitarias hasta especies muy sociales que forman harenes (e.g. *Cynomys* sp.), donde mantienen complejas jerarquías e interacciones. Armitage (1961) ha definido cinco grados de sociabilidad, usando como criterio el grado de traslapamiento en las áreas de actividad: 1] Especies esencialmente solitarias; 2] Especies que viven en colonias o agregaciones de hábitat favorables pero donde todos los miembros viven individualmente; 3] Especies en las que los machos defienden el territorio de varias hembras, pero en los cuales las hembras viven separadas; 4] Especies en las que un macho forma un harén, en el que varias hembras comparten una madriguera, y 5] especies con sistemas de multiharenes.

El periodo de reproducción de las ardillas arborícolas puede variar en el año, pero generalmente está asociado con los periodos de lluvia y mayor disponibilidad de alimento. Tienen de 2 a 6 crías por parto, con un promedio de 4 a 5. Las ardillas de tierra tienen un periodo de reproducción más definido y asociado a la disponibilidad de recursos, presentando incluso una marcada influencia en las formas de agrupación y grados de sociabilidad. Sin embargo, los cuiniques (*S. adocetus*) ardillas de tierra tropicales, al parecer no presentan un periodo reproductivo claramente definido. Generalmente las especies de ardillas más sociables son aquellas que tienen un mayor tamaño corporal, con un periodo de cría relativamente corto y una disponibilidad de recursos marcadamente estacional.



Spermophilus adocetus

Amenazas

De las 35 especies que existen en México, 8 se encuentran en alguna categoría de riesgo y por lo menos 13 son endémicas (Semarnat NOM-059-ECOL-2001; tabla 1).

Los cambios en la composición y riqueza de las comunidades vegetales han favorecido a unas especies y perjudicado a muchas otras. Las ardillas no son la excepción; algunas de ellas, como *Spermophilus adocetus* y *S. variegatus* han ampliado su distribución llegando incluso a convertirse en plaga; otras, como *Glaucomys volans* y *Spermophilus perotensis* han mostrado una reducción en sus poblaciones.

Si bien es cierto que la capacidad de adaptación y reproducción de algunas especies de ardillas les permite superar o resistir las presiones que ocasionan los cambios de uso del suelo, otras presentan asociaciones a ecosistemas muy particulares con requerimientos de hábitat específicos, como las ardillas "voladoras", que viven en poblaciones aisladas en áreas montañosas de bosques deciduos mixtos de pino-encino, pino-encino-abeto, y actualmente la especie ha desaparecido en varias localidades por la tala inmoderada de estos bosques. Otro caso similar es el de *Sciurus aberti* que se encuentra particularmente asociada con la presencia de pino amarillo (*Pinus ponderosa*); sus poblaciones, que son generalmente escasas, han disminuido debido a las tasas de deforestación que ocasionan la fragmentación del hábitat, poniendo en riesgo la existencia de esta especie.

Por otra parte, el comercio de subsistencia de estas especies se realiza por medio de la captura de crías por los campesinos para venderlas como mascotas en los mercados de las ciudades o en las carreteras, sin una autorización legal, y por lo menos unas diez especies (e.g. *Sciurus aureogaster*, *Spermophilus mexicanus*) están sujetas al aprovechamiento cinegético bajo los lineamientos de la Ley General de Vida Silvestre. Sin embargo no existen datos cuantitativos que permitan evaluar si estas especies son realmente de un interés cinegético o solamente son de interés en la caza tradicional de algunas comunidades rurales.

* Unidos para la Conservación, A.C. y Agrupación Sierra Madre, S.C.

Bibliografía

Álvarez del Toro, M. 1977. *Los mamíferos de Chiapas*. Gobierno del estado de Chiapas. Consejo Estatal de Fomento a la Investigación y Difusión de la Cultura (Series Científicas). DIF-Chiapas-Instituto Chiapaneco de Cultura.

Arita, T.H. y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:33-71.

Armitage, B.K. 1981. Sociality as a life history tactic of ground squirrels. *Oecologia* 48: 36-49.

Ceballos, G., G. Arroyo-Cabrales y R. Medellín. 2002. The mammals of Mexico: Composition, distribution and conservation status. *Occasional Papers. Museum of Texas Tech University* 218: 1-27.

Michenier, G.R. 1984. Age, sex, and species differences in the annual cycle of ground-dwelling sciurids: Implications for sociality, pp 81-107, en: O.V. Murie y G. R. Michener (eds.). *The Biology of Ground Dwelling Squirrels*. University of Nebraska Press, Lincoln.

Pengelly, E.T. y K.H. Kelly, 1966. A circannian rhythm in hibernating species of the genus *Citellus* with observations on their physiological evolution. *Comp. Biochem. Physiol.* 19:603-617.

Sánchez-H., O. 1985. Los mamíferos en las culturas antiguas de México. *Zacatuche* 1(2):2-12.

Semarnat. 2002. NOM-059-ECOL-2001, 6 de marzo de 2002. *Diario Oficial de la Federación*.

Yensen, E. y M. Valdés. 1999. Family Sciuridae, en: S.T. Álvarez Castañeda y J.L. Patton (eds.). *Mamíferos del noroeste de México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, pp 239-320.

Tabla 1. Lista de las 35 especies de ardillas reconocidas en nuestro país, de las cuales 13 son endémicas y 8 de ellas presentan alguna categoría de riesgo. Los nombres comunes que aquí aparecen son los más conocidos y sólo se indica el número de subespecies para México.

Nombre común	Nombre científico	Hábitat	Categoría
Juancito o ardilla antílope	*Ammospermophilus insularis* Especie monotípica	Desiertos y pastizales	Endémica, amenazada
Juancito	*Ammospermophilus harrisii* 2 subespecies	Desiertos, suelos rocosos	
Juancito	*Ammospermophilus interpres* Especie monotípica	Desiertos y matorrales, bosques de *Quercus* y *Juniperus*	
Juancito	*Ammospermophilus leucurus* 4 subespecies	Desiertos	
Perrito de las praderas mexicano	*Cynomys mexicanus* Especie monotípica	Pastizales	Endémica, peligro
Perrito de las praderas de cola negra	*Cynomys ludovicianus* 1 subespecie	Pastizales	Amenazada
Ardilla	*Sciurus alleni* Especie monotípica	Bosques de pino-abeto, encino, madroño, chaparral	Endémica, amenazada
Ardilla gris	*Sciurus colliaei* 4 subespecies	Bosques tropicales, caducifolios, palmares	Endémica
Ardilla	*Sciurus oculatus* 3 subespecies	Bosques de oyamel, de pino-encino	Endémica, frágil, protección
Ardilla	*Sciurus aberti* 2 subespecies	Bosques de pino ponderosa	Frágil, protección
Ardilla	*Sciurus arizonensis* 1 subespecie	Bosques de coníferas y encinos, desiertos, chaparrales	Amenazada
Ardilla gris o de vientre rojo	*Sciurus aureogaster* 2 subespecies	Bosques de pino, pino-encino, selvas altas, bosques de niebla, desiertos	
Ardilla selvática o ardilla moto	*Sciurus deppei* 3 subespecies	Selvas húmedas y secas, bosques de niebla	
Ardilla	*Sciurus griseus* 1 subespecie	Bosques de encino, ciprés, pino ponderosa y *Pseudotsuga*	Amenazada
Ardilla	*Sciurus nayaritensis* 2 subespecies	Bosques riparios, bosques de pino-encino	
Ardilla o ardilla zorro	*Sciurus niger* 1 subespecie	Bosques de pino y encino	
Ardilla	*Sciurus yucatanensis* 2 subespecies	Selvas secas	
Ardilla orejona	*Sciurus variegatoides* 1 subespecie	Selvas húmedas	Frágil, protección



Cynomys ludovicianus

Nombre común	Nombre científico	Hábitat	Categoría
Ardilla voladora o planeadora	*Glaucomys volans* 4 subespecies	Bosques de pino, pino-encino	Amenazada
Cuinique	*Spermophilus adocetus* 2 subespecies	Matorrales espinosos	Endémica
Tezmo o ardilla de cola anillada	*Spermophilus annulatus* 2 subespecies	Selvas secas, matorrales, suelos rocosos	Endémica
Ardillón	*Spermophilus atricapillus* Especie monotípica	Desiertos y pastizales	Endémica
Chalote jolino	*Spermophilus madrensis* Especie monotípica	Bosques de pino, pino-encino suelos rocosos	Endémica, frágil, protección
Moto	*Spermophilus perotensis* Especie monotípica	Desiertos y pastizales	Endémica, amenazada
Motocle	*Spermophilus mexicanus* 2 subespecies	Pastizales, matorrales	
Techalote o ardilla de las rocas	*Spermophilus variegatus* 4 subespecies	Bosques de pino-encino, selvas secas, desiertos, laderas pedregosas	
Ardillón	*Spermophilus beecheyi* 2 subespecies	Desiertos	
Ardilla moteada	*Spermophilus spilosoma* 10 subespecies	Desiertos, pastizales, matorrales, suelos arenosos	
Ardilla de tierra de cola redonda	*Spermophilus tereticaudus* 3 subespecies	Desiertos, pastizales, matorrales, suelos arenosos	
Chimoco o chipmunk	*Tamias bulleri* Especie monotípica	Bosques de pino, pino-encino	Endémica
Chimoco	*Tamias durangae* 2 subespecies	Bosques de pino, pino-encino	Endémica
Chimoco	*Tamias dorsalis* 4 subespecies	Bosques de pino, pino-encino, desiertos	
Chimoco	*Tamias merriami* 1 subespecie	Bosques de pino, pino-encino	Frágil, protección
Chimoco	*Tamias obscurus* 2 subespecies	Bosques de pino, pino-encino, chaparral	
Ardilla roja	*Tamiasciurus mearnsi* Especie monotípica	Bosques de pino, pino-abeto, encino	Endémica, amenazada



Spermophilus annulatus

Orlik Gómez García* y Dianne Dredge**

HACIA UN ECOTURISMO SUSTENTABLE

Entre los segmentos emergentes del mercado turístico nacional, el ecoturismo sobresale por el número de participantes, por la importante derrama económica que éstos generan y por la aparición de una gran cantidad de oportunidades etiquetadas como ecoturísticas. Basta echar una mirada por la web para darse cuenta de la infinidad de destinos y actividades promovidos como ecoturismo.

Al hablar de ecoturismo es muy probable que aún se evoquen imágenes de excursionistas vestidos con ropa de safari, explorando los rincones de una selva, escalando en las barrancas más escarpadas o quizás acechando a un jaguar, listos para obtener fotografías de una experiencia memorable. También es posible que se plantee como una actividad para un pequeño segmento de la población: aquellos que tienen los recursos (dinero y tiempo) para explorar los rincones más exóticos y desconocidos.

¿Qué es el ecoturismo? La Dirección de Fomento al Turismo Alternativo de la Secretaría de Turismo lo define como aquellos viajes que tienen como finalidad realizar actividades recreativas, de apreciación y conocimiento de la naturaleza mediante el contacto con la misma. Sin embargo, aun esta definición es muy general y da lugar a muchas interpretaciones y, por lo tanto, a confusiones por su aplicación a diversos destinos y actividades. Por ejemplo, un turista puede "apreciar y conocer" la naturaleza desde un autobús con todas las comodidades, o en una excursión a pie para observar aves y orquídeas en un sitio silvestre y aislado. Dicha definición tampoco menciona la importancia que tiene el contexto sociocultural de las localidades para el desarrollo del ecoturismo.

Por ello, más que sujetarnos a una definición, en lugar de clasificar el ecoturismo como un destino, actividad o experiencia específica, es mejor caracterizarlo como una actitud y un estilo de comportamiento compatible con el conocimiento, la apreciación y disfrute, el uso sustentable y la conservación del medio natural *in situ* con fines turísticos, que tienen como fundamento el concepto de desarrollo sustentable.

No hay otro tipo de turismo que esté tan estrechamente relacionado con la naturaleza, su integridad y funcionamiento. De hecho entre ambos existe una relación prácticamente simbiótica, pues la sustentabilidad del medio natural es fundamental para el éxito y la viabilidad del ecoturismo a largo plazo. Para México, país con una gran diversidad de paisajes, ecosistemas, especies y culturas, el desarrollo del ecoturismo puede ser una herramienta que favorezca el conocimiento cercano de los componentes de esta diversidad y, como meta a alcanzar, su protección y conservación. Pero tampoco es una panacea: aunque se presenta como una opción maravillosa, el ecoturismo por sí solo no es una herramienta autosuficiente para la conservación de la naturaleza ni una posibilidad realista para el progreso económico de las comunidades a largo plazo, si no está acompañada por el diseño, la planificación y el manejo sustentable, apropiado, riguroso y cuidadoso de los atractivos del medio natural y de las actividades ecoturísticas.

Desde el punto de vista comercial, el ecoturismo representa importantes ventajas competitivas por su singularidad. Es, en teoría, una óptima combinación de atractivos naturales y culturales, integrados en circuitos o como destinos, con una amplia oferta en el territorio nacional.

La popularidad actual del ecoturismo se debe en principio al creciente interés de los consumidores por el medio ambiente, lo cual ha impulsado el incremento en la demanda por los "ecoproductos". La situación ha llegado a un punto tal que se presenta como ecoturismo todo tipo de turismo que esté relacionado con la naturaleza, como el llamado turismo de aventura. Dentro de este panorama, los verdadera-

Actividad turística	Impacto ambiental	Consecuencia
Excursionismo	Pisoteo de la vegetación, erosión de pendientes abruptas, ruido	Deterioro de la estructura del suelo, cambios en los hábitats, cambios en la vegetación y la fauna, deterioro del atractivo del sitio
Descenso de ríos	Erosión de riberas, depósitos de basura	Contaminación, cambios en la calidad del agua, cambios en las poblaciones de fauna
Campismo	Corte de árboles, depósitos de basura, cambios en las poblaciones de fauna, ruido	Mayor riesgo de incendios, cambios en el comportamiento animal, contaminación, destrucción de hábitats
Observación de flora y fauna	Pisoteo de la vegetación, ruido, modificaciones a las poblaciones	Interrupción de ciclos reproductivos, cambios en los hábitats
Paseos a caballo	Pisoteo de la vegetación, contaminación por excrementos, erosión.	Introducción de especies vegetales exóticas, cambios en los hábitats
Ciclismo de montaña	Erosión, ruido	Perturbaciones en hábitats, erosión, cambios en las poblaciones animales locales

Turismo en canoa en la isla Espíritu Santo, Golfo de California.

mente interesados en la exploración, apreciación y conocimiento del medio ambiente natural ya no pueden confiar en los destinos que se promueven como ecoturísticos.

Como resultado de esta amplitud de ofertas, el término "ecoturismo" es una moda; existen muchas confusiones por su aplicación a una variedad de destinos y actividades turísticas que van desde playas hasta selvas tropicales, desde la visita a un zoológico urbano hasta campamentos en sitios silvestres. En cambio, otros lugares, como los jardines botánicos, que podrían ser excelentes ámbitos *para aprender a hacer* ecoturismo por sus particularidades naturales y ambientales, y su potencial educativo, ni siquiera son mencionados como destinos, a pesar de que en algunos casos entre sus objetivos está el fomentar la recreación y el turismo. Los jardines botánicos pueden ser en muchos casos una de las pocas oportunidades que tienen los habitantes urbanos de visitar un sitio silvestre o semisilvestre cercano y por ello cumplen un papel importante en la educación y la sensibilización del público. Sitios como éstos pueden representar una forma de estimular, en la vida de niños, jóvenes y adultos, el amor a la naturaleza y a las prácticas ecoturísticas sustentables, mediante el desarrollo de cursos, talleres, excursiones a espacios naturales con vegetación, fauna y paisajes atractivos, con el soporte que brinda la investigación científica.

No obstante, en un contexto muy general podemos decir que son tres los elementos básicos que caracterizan al ecoturismo: el mercado, el destino y las actividades.

1] El mercado ecoturístico se compone de turistas motivados principalmente por apreciar, observar, respetar y aprender del medio ambiente natural silvestre y semisilvestre. Dentro de este mercado, el rango varía entre quienes, después de explorar el entorno natural, prefieren usar los bienes y servicios del centro urbano más cercano, o bien aquellos que prefieren sitios totalmente silvestres y aislados donde puedan conocer, de primera mano, determinados aspectos del medio natural y las manifestaciones representativas de la cultura local.

2] El destino en donde se realizan las actividades ecoturísticas usualmente es un sitio silvestre o poco modificado en el cual es posible apreciar y conocer el paisaje, los ecosistemas, la flora y la fauna nativas, o bien alguna manifestación cultural local. Los ecoturistas encuentran más atractivos los ambientes que son diferentes de su lugar de procedencia. Así, para los habitantes de las ciudades los sitios naturales o seminaturales resultan atractivos porque son sitios donde pueden observar de cerca la naturaleza, disfrutar del aire fresco, el sol y la quietud; representan un respiro a su vida cotidiana.

3] Las actividades ecoturísticas se caracterizan por experiencias que combinan aventura, educación y recreo. Usualmente se llevan a cabo en grupos pequeños o de manera individual, dependiendo de la experiencia deseada. Actividades ecoturísticas típicas en el mercado estadounidense son el excursionismo, la observación de aves, la fotografía de la naturaleza, safaris, alpinismo, descenso de ríos en balsa y la observación de plantas.

Desarrollo sustentable y ecoturismo

El ecoturismo es un segmento del mercado turístico muy importante debido al aumento en la conciencia ambiental en todo el mundo. Con su desarrollo se han puesto en marcha opciones turísticas sensibles al me-





Observación de fauna en las islas del Golfo de California.

dio natural y afines con su conservación y uso sustentable. Se ha dicho que el ecoturismo absorbe estos retos mostrándose como alternativa ante otras formas de desarrollo económico consumidoras de los recursos naturales. Budowski (1976), Kusler (1991) y Valentine (1992) coinciden al decir que con el ecoturismo se puede lograr el progreso económico sin perjudicar el patrimonio natural, dado que representa una herramienta excelente para promover la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales, en la medida en que el producto ecoturístico se basa en los recursos del medio ambiente y les suministra un valor económico. En teoría, al abrir oportunidades de empleo y fuentes de trabajo asociadas para las comunidades poseedoras de los atractivos ecoturísticos, se promueve la conservación y el manejo responsable del medio natural para que el turismo se sostenga a largo plazo.

Las experiencias de ecoturismo comunitario en la comunidad de Peña Hermosa, en Los Tuxtlas, Veracruz, donde los turistas realizan actividades recreativas y educativas conociendo la vida diaria de la comunidad, demuestran que un desarrollo de este tipo es posible. Igualmente importante es el esfuerzo de la Asociación Mexicana de Turismo de Aventura y Ecoturismo, A.C (Amtave) por reunir a las empresas dedicadas al descenso de ríos en un organismo integrador, buscando regular esta actividad en el río Los Pescados, en Jalcomulco, Veracruz, de manera que se beneficie tanto a las empresas como a los habitantes de la región con nuevos empleos, derrama económica y educación dirigida al respeto por la naturaleza; únicamente falta examinar con mayor detenimiento los resultados, logros y avances de este esfuerzo.

Por otro lado, podría pensarse que el ecoturismo implica un reparto justo y equitativo de los beneficios económicos producidos entre las empresas turísticas especializadas, las autoridades y los pobladores locales; sin embargo, al existir un marco jurídico regulador incompleto, muchas iniciativas no consideran el ordenamiento ecológico del territorio o el establecimiento de capacidades de carga y tampoco existe una obligación de transferir los beneficios económicos, sociales y ambientales. Lo más común es que la participación tanto de autoridades como de pobladores locales se limite, por ejemplo, a la expedición de permisos de explotación de los recursos naturales y culturales de la comunidad, a la renta de parcelas y, cuando más, a la contratación de miembros de la comunidad como guías o vigilantes, o a que la basura generada en los campamentos sea depositada en un tiradero a cielo abierto a unos kilómetros del poblado.

Ecoturismo e impactos ambientales

Ciertamente, en la práctica el ecoturismo ha sido identificado como productor de una variedad de impactos ambientales, algunos de tal grado que han afectado el atractivo de los destinos en poco tiempo. Por sus propias características, el ecoturismo es introducido a los ambientes naturales poco modificados y por lo tanto más sensibles que otros sitios donde existe un mayor grado de desarrollo. El problema es que al haber una visión incompleta y fragmentaria de lo que implica el desarrollo del ecoturismo, tanto operadores como ecoturistas ejercen presión sobre los recursos naturales con el consecuente impacto ambiental, y pueden además originar conflictos socioculturales con los residentes, particularmente si estos últimos sólo participan marginalmente en el desarrollo y en los beneficios económicos. Diversos estudios muestran que las consecuencias incluyen la explotación y destrucción de hábitats sensibles, cambios en el paisaje, cambios en el comportamiento animal, contaminación y otras afectaciones al sustento del ambiente natural, originando en poco tiempo el deterioro del atractivo del sitio y una disminución gradual de los visitantes.

La complejidad de beneficios y

Modelo para la planificación y el manejo del ecoturismo

Producto

Manejo de cada atractivo específico

Manejo del conjunto de atractivos

Manejo de los sistemas naturales que sustentan el entorno ecoturístico

Manejo de las actividades ecoturísticas y sus impactos

Industria turística

- Creación del producto ecoturístico
- Desarrollo de una imagen llamativa
- Unión y coordinación de esfuerzos del sector turístico

ESTRATEGIA PARA EL DESAROLLO Y EL MANEJO DEL ECOTURISMO

- Promoción del destino
- Elaboración y difusión de información turística sobre el destino
- Proceso de compra-venta
- Capacitación y promoción de la participación por la comunidad

Mercado

Identificación del mercado potencial, sus características, necesidades y expectativas

Identificación de las estrategias de promoción y estímulo del mercado

Difusión de información turística del destino

Manejo de visitantes y sus actividades por medio de información



CONTEXTO
ambiental, político, económico y cultural

desventajas que se asocian con el ecoturismo muestran que debe formar parte de una estrategia para el desarrollo de las regiones que poseen atractivos. La planificación del ecoturismo debe reconocer su responsabilidad con el medio natural y fomentar una actividad sustentable, con los mínimos impactos negativos sobre el medio y la población local, para ser, de esta manera, una herramienta excelente para fomentar el conocimiento y la conservación de la biodiversidad mexicana.

* Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero, Instituto de Ecología, A.C.

** School of Environmental Planning, Griffith University, Queensland, Australia.

Bibliografía

Asociación Mexicana de Turismo de Aventura y Ecoturismo. "Propuesta de Amtave para llevar a Veracruz a la vanguardia del turismo alternativo, ecológico y de aventura a nivel mundial". www.planeta.com/ecotravel/ mexico/amtave/0799verapropuesta.html

Asociación Mexicana de Turismo de Aventura y Ecoturismo. "Antecedentes del turismo alternativo". www.amtave.org/antecedentes.htm

Wheelan, T. 1991. *Nature Tourism. Managing for Nature*. Island Press, Washington, D.C.

Nieva, A. Diagnóstico del ecoturismo en México. *La Jornada*. www.jornada.unam.mx/2000/ago00/000821/econieva.html

Wright, P. 1993. Ecotourism: Ethics or Ecosell? *Journal of Travel Research* 31(3): 3-9.

Valentine, P. 1992. "Nature Based Tourism". En: B. Weiler y C.M.J. Hall (eds). *Special Interest Tourism*. Belhaven Press, Londres, 105-127 pp.

Boo, E. 1990. *Ecotourism: The Potentials and Pitfalls*. World Wildlife Fund, Washington, D.C.

Fennell, D. y P.F.J. Eagles. 1989. Ecotourism in Costa Rica: A conceptual framework. *Journal of Parks and Recreation Administration* 8(1):23-34.

Budowski, G. 1976. Tourism, environment and conservation: Conflict, coexistence or symbiosis? *Environmental Conservation* (1): 27-31.

Kusler, J.A. 1991. Ecotourism and resource conservation: Introduction to the issues. En: J.A. Kusler (ed.). *Ecotourism and Resource Conservation: A Collection of Papers*. Vols. 1 y 2. The Association of State Wetlands Managers Inc., 885 pp.

Ryan, C. Ecological impacts of tourism. En: C. Ryan. *Recreational Tourism: A Social Science Perspective*. Routledge, Londres. pp. 95-130.

Wyse Jackson, P.S. y L.A. Sutherland. 2000. *International Agenda for Botanic Gardens in Conservation*. Botanic Gardens Conservation International, Reino Unido, 56 pp.

Omar Chassin-Noria* y Ken Oyama*

HERRAMIENTAS MOLECULARES Y SUS APLICACIONES EN TAXONOMÍA: EJEMPLOS CON TORTUGAS MARINAS



Cópula de tortuga negra: el macho está sobre la hembra.
© Omar Chassin-Noria

IDEALMENTE la clasificación taxonómica de los organismos vivos tiene que reflejar sus relaciones filogenéticas, con la finalidad de comprender el proceso y las rutas evolutivas de los eventos de especiación (proceso por el que se originan nuevas especies de organismos). Sin embargo, existen diversas complicaciones que afectan la identificación del inicio y terminación de estos eventos; es decir, ¿cómo se puede definir objetivamente el límite entre una especie y otra?

Existen múltiples conceptos de especie que hacen énfasis en diversos atributos de los organismos. Futuyma en 1998 plantea que existen al menos siete definiciones de especie, de manera que no siempre es posible que una especie sea considerada como tal, de acuerdo con todas las definiciones.

Actualmente, la situación taxonómica de la tortuga negra es motivo de controversia: algunos autores, principalmente investigadores que usan herramientas "clásicas" (cinta métrica, balanzas), sugieren que la tortuga negra es una especie, *Chelonia agassizii*. Otros investigadores, partidarios del uso de herramientas novedosas como las secuencias de ADN, sugieren que es sólo una población singular de la tortuga verde *Ch. mydas*. Esta controversia sobre la posición taxonómica está inmersa en otra gran controversia: ¿qué herramientas deben utilizarse, las clásicas o las novedosas? Muy fácil: ¡las dos!

A la fecha existe cierta reticencia por parte de los partidarios de las herramientas clásicas a aceptar las hipótesis propuestas por los taxónomos moleculares. Sin embargo, esta reticencia no ha sido acompañada, como habría de esperarse, por hipótesis alternativas planteadas a partir de los datos clásicos analizados con procedimientos filogenéticos.

A pesar de que los taxónomos moleculares se involucraron en esta controversia taxonómica hace poco más de una década, se ha obtenido información comparable de las características genéticas de toda el área de distribución del género *Chelonia*: Océano Atlántico, Mar Mediterráneo, Océano Índico, Océano Pacífico.

¿Y qué hay de las características morfológicas usadas por taxónomos tradicionales que llevan mucho más de una década trabajando con tortugas marinas? Por supuesto hay datos de muchas localidades pero…¡no han podido compartir su información! Uno de los problemas, por ejemplo, es que en Papua Nueva Guinea miden el largo del caparazón de una manera distinta a como lo hacen los biólogos de las Islas Galápagos; esto, aunado al error asociado a estas medidas, dificulta la inclusión de toda esta información para un análisis filogenético conjunto.

El escenario ideal para definir la posición taxonómica de la tortuga



Machos cortejando a una hembra de tortuga negra; la hembra es la tercera de arriba abajo.

negra es tener información molecular, morfológica y ecológica. Ahora carecemos de toda esta información pero podemos sugerir hipótesis con los datos disponibles.

La información molecular de toda el área de distribución del género *Chelonia* demuestra que existe una relación más estrecha entre la tortuga negra y las poblaciones de la tortuga verde *Ch. mydas* del Pacífico que la existente entre las *Ch. mydas* del Pacífico y las del Atlántico (figura 1), por lo que nuestros análisis no apoyan la posición de especie para esta población.

A la fecha, entre los defensores y opositores de que la tortuga negra sea considerada como una especie independiente existe consenso con respecto a que: 1] La tortuga negra es singular en cuanto a composición genética y características morfológicas; 2] Es importante definir la posición taxonómica de la tortuga negra y es fundamental mantener las actividades de conservación de esta población, pues si se extingue se perderían caracteres genéticos únicos.

En este problema taxonómico, el análisis de moléculas es sólo una herramienta que contribuye a la resolución de la controversia, pero no la resuelve.

En otros casos, sólo las herramientas moleculares permiten responder interrogantes. En el estudio de los sistemas de apareamiento encontramos algunos ejemplos: 1] En *Passerina cynea*, un ave de la familia Emberizidae, se observa un comportamiento en el que sólo 3.3% de las cópulas de una hembra son extra-pareja; sin embargo cuando se realizaron estudios de paternidad con esta ave se encontró que de 27 a 42% de las fertilizaciones eran resultado de cópulas extra-pareja (CEP); 2] En cormoranes del género *Phalacrocorax* se cuantificaron las CEP y se demostró que su frecuencia es proporcional a las fertilizaciones extra-pareja (FEP); 3] En el ave *Phylloscopus trochilus* las CEP tienen un 13% de frecuencia y el resultado de las FEP es igual a cero.

En tortugas marinas existe información interesante. Peare en 1998 reporta que la frecuencia de paternidad múltiple en *Ch. mydas* es de 62% en Costa Rica; en Australia la paternidad múltiple en esta misma especie es inferior a 1%. En 30% de los nidos de *Caretta caretta* de Australia se presenta paternidad múltiple. En la tortuga laúd *Dermochelys coriacea* no se ha detectado evidencia de paternidad múltiple y en tortuga lora *Lepidochelys kempii*, la paternidad múltiple se presenta en más de 50% de los nidos.

Aparentemente la frecuencia de paternidad múltiple en tortugas marinas es variable dependiendo de la especie y población; en algunos casos los múltiples machos que regularmente participan en las cópulas, sí fertilizan los huevos y en otros no.



Arriba: tortuga laúd (*Dermochelys coriaceae*) después de desovar en una playa de Oaxaca.

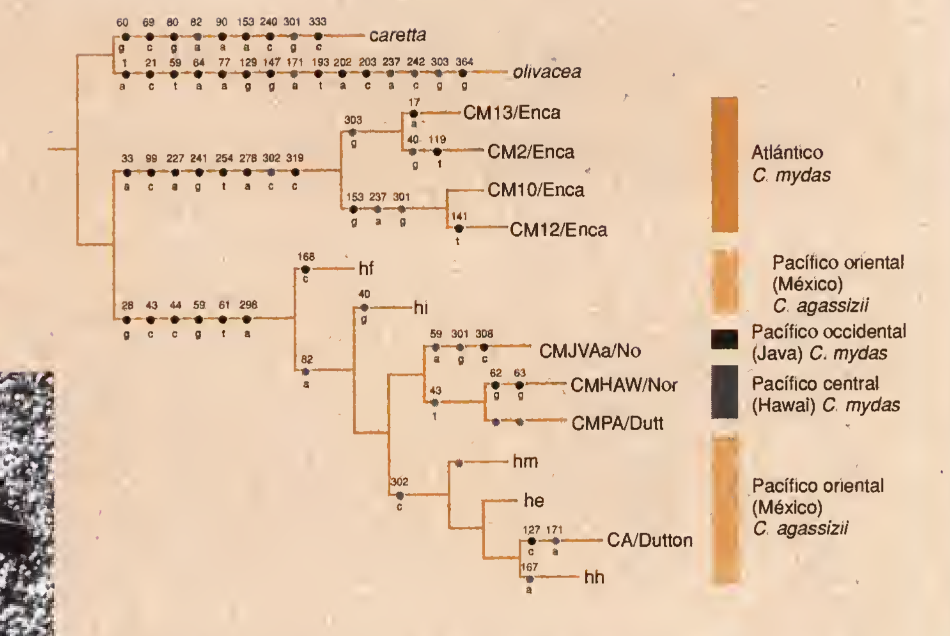


Figura 1. Cladograma que refleja las relaciones filogenéticas (evolutivas) de tortugas del género *Chelonia*. Los puntos negros representan cambios exclusivos de esa rama (sinapomorfias o autapomorfias) y los puntos grises representan cambios presentes en otras ramas. Los números encima de los círculos representan la posición en la que se encuentran los cambios, y la letra debajo de las ramas representa el carácter adquirido (una de 4 nucleótidos A,G,C,T). *Caretta* y *olivacea* son grupos externos.

Cría de tortuga negra (*Chelonia agassizii*).

La información obtenida con técnicas moleculares no sólo ha otorgado mayor certidumbre para describir los sistemas de apareamiento, sino que ha abierto nuevas hipótesis.



Chelonia mydas

© Pablo Cervantes

En los casos en que la paternidad múltiple está ausente, ¿por qué la hembra realiza múltiples cópulas?; ¿qué función tiene la cópula?

En las lagartijas unisexuales del género *Cnemidophorus* se ha encontrado que la cópula sirve para estimular el desarrollo de los óvulos. Posiblemente las múltiples cópulas de las tortugas marinas tengan una función similar. En el caso de la tortuga verde de Michoacán (conocida también como tortuga negra), hemos encontrado la presencia de paternidad múltiple; esto, además de ser interesante, tiene implicaciones importantes para la conservación de las tortugas: cuanto mayor sea la proporción de paternidad múltiple, mayor será la diversidad genética de la progenie. Y la diversidad genética está asociada positivamente a la capacidad de adaptación de las poblaciones.

La información obtenida con técnicas moleculares no sólo ha otorgado mayor certidumbre para describir los sistemas de apareamiento, sino que ha abierto nuevas hipótesis: hay que explicar el valor en cuanto adecuación de las CEP, que en algunos casos es alto y en otros es aparentemente de cero. En este último escenario, ¿por qué hay CEP si no aumenta la adecuación del ejecutante? Antes del uso de herramientas moleculares se sospechaba que las tortugas marinas eran igualmente polígamas, pero ahora sabemos que esta predicción es sólo parcialmente correcta. Igualmente se creía que la monogamia era abundante en las aves, y ahora se sabe que solo la minoría es genéticamente monógama.

Existen preguntas fascinantes que están esperando a ser respondidas con ayuda de herramientas moleculares cuando sea necesario y con herramientas clásicas, como hasta hace pocos años.

* Centro Multidiciplinario de Estudios en Biotecnología, UMSNH, Morelia.

** Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM.

Bibliografía

Futuyma, J.D. 1998. *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates. Sunderland, Mass., 763 pp.

Hirth, F.H. 1997. Synopsis of the biological data on the green turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). *Biological Report* 97 (1) FWS-US, pp. 120.

Huges, C. 1998. Integrating molecular techniques with field methods in studies of social behaviour: A revolution results. *Ecology* 79:383-399.

Peare, T. 1998. Paternity analysis in the green sea turtle. *Proceedings of the Sixteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-412, 158 pp.

FitzSimmons, N. 1997. Male Marine Turtles: Gene Flow, Philopatry and Mating Systems of the Green Turtle *Chelonia mydas*. Tesis Doctoral. Universidad de Queensland, Australia. 241 pp.

Harry, J.L. 1988. Multiple paternity in the loggerhead turtle *Caretta caretta*. *Journal of Heredity* 79:96-99.

Dutton, P.H. y S.K. Davis. 1996. Use of molecular markers for stock identification, fingerprinting, and the study of mating behavior in leatherbacks. *Proceedings of the Sixteenth Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-412, 158 pp.

Kichler, K., M.T. Holder, S.K. Davis, R. Márquez y D.W. Owens. 1999. Detection of multiple paternity in the Kemp's ridley sea turtle with limited sampling. *Molecular Ecology* 8:819-830.

Moore, M.C., J.M. Whittier, A.J. Billy y D. Crews. 1985. Male-like behavior in an all-female lizard: Relationship to ovarian cycle. *Animal Behaviour* 33:284-289.

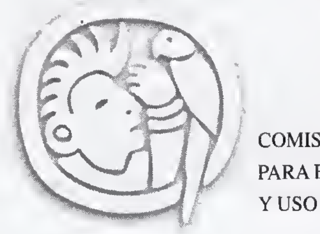
Soulé, M.E. 1980. Thresholds for survival: Maintaining fitness and evolutionary potential. En: M.E. Soulé y B.A. Wilcox (eds.). *Conservation Biology, an Evolutionary-Ecological Perspective*. Sinauer Associates. Sunderland, Mass., pp 151-169.

ANFIBIOS Y REPTILES DE LA SIERRA DE HUAUTLA



Ubicada al sur del estado de Morelos se encuentra la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, una rica zona que forma parte de la cuenca del río Balsas cubierta principalmente por selvas caducifolias. La reserva está administarada por el Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla (Ceamish) que depende de la Universidad Autónoma de Morelos. Además de los trabajos de investigación, el Ceamish se ha dado a la tarea de impulsar actividades de conservación y educación ambiental que permitan a los visitantes de la reserva y al público en general contar con información para poder apreciar y conservar la región. Como parte de este esfuerzo, el Ceamish, con el apoyo de la CONABIO y el FMCN, ha publicado una guía de *Anfibios y reptiles de la Sierra de Huautla*. En esta guía, elaborada por Rafael Aguilar, Óscar Dorado, Dulce Ma. Arias, Herald Alcaraz y Raymundo Castro, se encuentran algunas de las especies más comunes de anfibios y reptiles que viven en la Sierra de Huautla. Cada ficha aparece con una fotografía de la especie y con una breve descripción de su biología y sus usos, y especifica si la especie representa algún peligro para el hombre por su veneno. Se incluye además la lista de especies de anfibios y reptiles registrados en la reserva, una lista de las especies que se encuentran sujetas a protección especial y una sección sobre cómo tratar las mordeduras de serpientes. Esta pequeña publicación es de gran utilidad para todos aquellos que quieran visitar y conocer con más detalle la riqueza natural de este hermoso lugar del estado de Morelos y constituye, sin duda alguna, una aportación concreta al conocimiento y la difusión de la rica herpetofauna mexicana.

La CONABIO tiene un centro de documentación e imágenes con libros, revistas, mapas, fotos e ilustraciones sobre temas relacionados con la biodiversidad; más de 1 500 títulos están disponibles al público para su consulta. Además distribuye cerca de 150 títulos que ha coeditado, que pueden adquirirse en sus oficinas a costo de recuperación o donarse a bibliotecas que lo soliciten. Para obtener más información, por favor llame al teléfono 5528-9172, escriba a cendoc@xolo.conabio.gob.mx, o consulte los apartados de Centro de Documentación y de Publicaciones en la página web de la CONABIO (www.conabio.gob.mx).



COMISIÓN NACIONAL
PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La misión de la CONABIO es promover, coordinar y apoyar actividades dirigidas a crear, organizar, actualizar y difundir la información sobre la biodiversidad de México, para lograr su conservación, uso y manejo sustentable.

COORDINACIÓN Y FOTOGRAFÍAS: Fulvio Eccardi ASISTENTE: Rosalba Becerra
biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
DISEÑO: Luis Almeida, Ricardo Real PRODUCCIÓN: BioGraphica
CUIDADO DE LA EDICIÓN: Antonio Bolívar
IMPRESIÓN: Offset Rebosán, S.A. de C.V.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico Sur-Insurgentes 4903, Col. Parques del Pedregal, 14010 México, D.F.
Tel. 5528 9100, fax 5528 9131, www.conabio.gob.mx